

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE MENSURAÇÃO DE DEGRADAÇÃO: ESTUDO DE CASO

Vidal, Anie Valerie Nogueira ¹

¹ Engenheira Civil, BALN' Serviços de Engenharia, contato@baln.com.br

Resumo: O estudo da patologia das edificações envolve um conhecimento multidisciplinar, sistêmico e criativo. Conhecer e avaliar de forma eficiente os danos encontrados nas edificações auxilia na promoção de sua vida útil, fornecendo dados para a definição de ações estratégicas que as conservem. O presente artigo tem como objetivo apresentar o estudo de caso da análise da degradação das fachadas de imóveis históricos na cidade de Paranaguá, utilizando o Método de Mensuração de Degradação (MMD). A metodologia utilizada foi a pesquisa bibliográfica para a compreensão do MMD, e, por meio da vistoria das fachadas dos imóveis selecionados, a aplicação do método. Foram identificadas diversas anomalias onde foi possível compreender quais as mais relevantes, e assim, lançar um ponto de partida para a sua recuperação.

Palavras-chave: fachada, estatística, inspeção, vistoria, engenharia diagnóstica

Abstract: The study of building pathology involves multidisciplinary, systemic, and creative knowledge. Efficiently identifying and evaluating damage found in buildings helps extend their service life by providing data to define strategic conservation actions. This article aims to present a case study analyzing the degradation of facades in historical buildings in the city of Paranaguá, using the Degradation Measurement Method (DMM). The methodology included a literature review to understand the DMM, followed by inspections of selected building facades to apply the method. Various anomalies were identified, allowing the determination of the most critical ones and establishing a starting point for their recovery.

Keywords: *facade, statistics, inspection, survey, diagnostic engineering*

1. Introdução

A Engenharia Diagnóstica é a área da engenharia, que estuda as anomalias nas edificações [1]. Nessa área são estudadas as manifestações patológicas, ou seja, problemas que impactam diretamente em seu desempenho e vida útil dos sistemas construtivos. As fachadas são um dos sistemas mais relevantes para garantir o desempenho em se tratando de habitabilidade, segurança e sustentabilidade nas edificações, conforme a Norma de Desempenho [2]. Seu bom funcionamento abrange quesitos como estética, estanqueidade, funcionalidade, conforto antropodinâmico, segurança estrutural e contra incêndio, além dos níveis de desempenho térmico, acústico, lumínico e estrutural. Bem como deve atender à durabilidade para o qual foi projetada [3]. Num contraponto, encontram-se as anomalias, como fissuras, trincas, deslocamento entre outros, exigindo estudos aprofundados buscando avaliar seus impactos e a definição de planos de restauro ou manutenção, conforme o caso.

O Método de Mensuração de Degradação [4] é apresentado como uma ferramenta para que, a partir de dados coletados durante a vistoria da edificação, permita compreender as condições de conservação do sistema de fachadas. Através da aplicação de conceitos de estatística, que envolvem técnicas de coletar, organizar, descrever, analisar e interpretar dados [5], são apresentadas fórmulas e a descrição de quais informações é preciso coletar e quantificar. A utilização do MMD atua de forma complementar ao desenvolvimento do Mapa de Danos, que, segundo Tinoco [6]:

“Para a sua boa execução, é necessário o entendimento sobre as manifestações patológicas de uma edificação, portanto, o saber, o conhecer e o compreender, em todos os níveis, degradações dos sistemas e componentes construtivos”.

Este trabalho tem como objetivo apresentar a aplicação do método MMD em estudo de caso de Unidades de Interesse de Preservação na cidade de Paranaguá-PR, oferecendo dados relevantes para a compreensão da aplicação do método.

2. Metodologia de estudo

2.1 Pesquisa bibliográfica

O estudo foi desenvolvido por meio de pesquisa bibliográfica, com o objetivo de utilizar o Método de Mensuração de Degradação (MMD) para a análise das fachadas de edificações históricas na cidade de Paranaguá, Paraná. Como referência foram utilizados artigos técnicos, apresentados em congressos[7,8,9] além de uma tese de doutorado[4], sob a supervisão ou co-autoria do Prof Elton Bauer. Foram objetos de pesquisa, artigos técnicos publicados em revistas especializadas e em anais de congressos relativos ao tema.

2.2 Estudo de caso

Após a pesquisa, o método foi aplicado no estudo das fachadas de edificações históricas na cidade de Paranaguá-PR. As que foram analisadas fazem parte de uma relação de edificações com relevância histórica e cultural, nomeadas como Unidades

de Interesse de Preservação (UIPs). Dez edificações, foram vistoriadas com foco na identificação das anomalias, documentação fotográfica, e coleta de dados necessários para a aplicação do método, conforme descrito na sessão seguinte.

3. Revisão de Literatura

O MMD, complementa o estudo das fachadas ao permitir a quantificação das anomalias, apresentadas em um Mapa de Danos. A análise estatística possibilita quantificar e criar um padrão de prioridades, ou ainda na análise do estado de conservação da fachada, buscando estimar a sua vida útil.

A aplicação do MMD se inicia com a vistoria sensorial, na qual são identificadas as anomalias. Durante a vistoria é importante que sejam identificados os problemas encontrados, e que sejam coletadas as dimensões, como demonstrado na Figura 1, caso não tenha acesso aos projetos originais. Essas informações são fundamentais durante o tratamento das imagens.

Figura 1: Foto de fachada com trena



Antes, porém do tratamento das fotos, é preciso, durante a vistoria, buscar entender da melhor forma, as anomalias encontradas. Um passo muito importante na aplicação do método é conhecer e definir quais são as anomalias que serão quantificadas. É preciso priorizar, pois um número muito grande de anomalias poderá dificultar a aplicação do método. Como exemplo, pode-se identificar na Figura 2, o caso de uma fachada com elevado nível de degradação, são encontradas diversas anomalias, e algumas, inclusive, se sobrepõem. É o caso da vegetação, fissuras e destacamento de revestimento.

Figura 2: Foto de fachada com elevado nível de degradação



O conhecimento da influência e da importância de cada anomalia, é fundamental para a elaboração de uma tabela, determinante na aplicação da fórmula do MMD. Nas edificações analisadas, o mofo, bolor e crosta negra, por exemplo, foram unificados em um único tipo de anomalia, porém, considerando o grau de intensidade, como apresentado na Figura 3.

Figura 3: Mofo, Bolor e Crosta Negra



Após a identificação das anomalias, é preciso compreender o seu nível de condição e seu grau de importância. A Tabela 2 é um exemplo de como foram tratadas as anomalias encontradas nas fachadas analisadas no estudo de caso com a aplicação do MMD.

Tabela 2: Condição das Anomalias (Gn) e Grau de Importância (Ri)[8]

G(n) – Coeficiente Nível de Condição		Ri
MOFO BOLOR		2
M1	NÍVEL DE ATUAÇÃO	Ri
1	SUJIDADE	1,25
2	BOLOR	1,5
3	MANCHAS ESCURAS	1,75
4	CROSTA NEGRA	2

O método desenvolvido pelo Professor Elton Bauer traz como premissa a estatística para quantificar os danos e anomalias identificados em fachadas de edifícios[7]. Para sua aplicação é necessário seguir as etapas abaixo descritas:

- 3.1. Vistoria sensorial minuciosa da fachada
- 3.2. Fotografias da fachada – ortogonalizadas
- 3.3. Identificação das anomalias presentes
- 3.4. Quantificação dos danos, através da aplicação da grade e em medida de área (m²)
- 3.5. Definição da relevância de cada anomalia, quanto ao seu grau de importância e intensidade
- 3.6. Aplicação nas fórmulas do método.

As fachadas foram fotografadas da forma mais perpendicular possível. Algumas fachadas podem precisar de mais fotos (Figura 4), que depois são unificadas e planificadas através do uso de um software de tratamento de imagens (Figura 5).

Figura 4: Fotos de fachada antes do tratamento

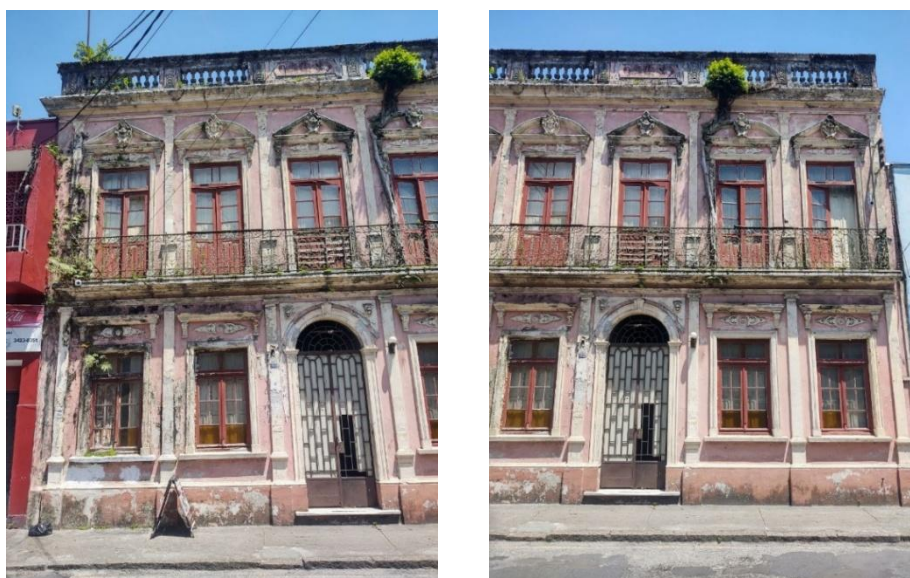
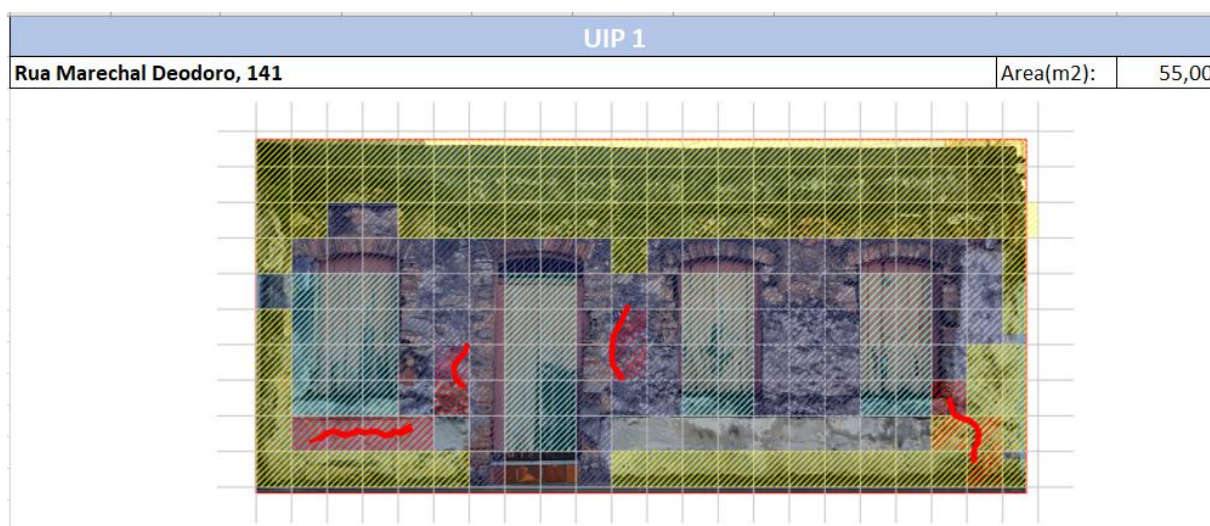


Figura 5: Foto de fachada após o tratamento e planificação



Após o tratamento das imagens, adequação na escala de trabalho, seja em softwares de planilhas eletrônicas, ou de desenho técnico, aplica-se uma grade, de uma malha quadriculada. É indicado que essa malha tenha dimensões de 0,5 m x 0,5 m, perfazendo quadrados com 0,25 m² de área, como apresentada na Figura 7:

Figura 7: Foto de fachada planificada, com a aplicação da grade



E, nessa malha, será identificada e marcada com aplicação de uma textura com uma cor para cada tipo de anomalia identificada. As anomalias podem se sobrepor, quando por exemplo na Figura 8, foram identificadas fissuras, vegetação e destacamento de revestimento/pintura. Na Figura 9, a apresentação das anomalias analisadas e as cores utilizadas.

Figura 8: Foto de fachada com a malha e textura aplicada

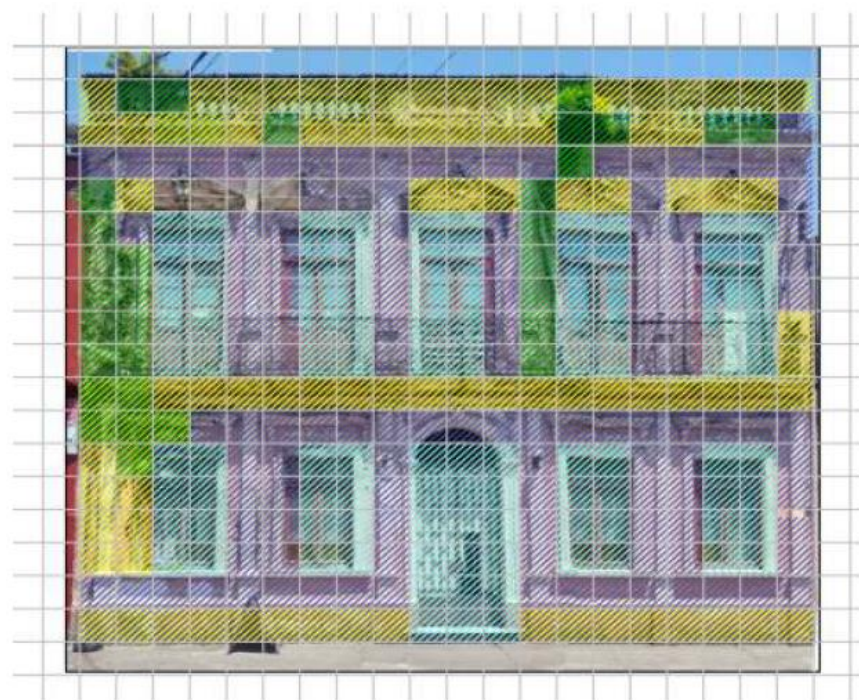


Figura 9: Legenda das anomalias.

DANOS:			
M1	Manchas de fungos/ bolor/crosta negra	M4	Vegetação
M2	Destacamento revestimento/pintura	M5	Danos/ausência de esquadrias
M3	Fissura		

O MMD trata cada dano e sua área em relação à área da fachada, aqui, neste estudo, aplicado nas fachadas de edificações históricas.

Após as etapas descritas nos itens 3.1 a 3.5, é possível a aplicação propriamente dita do método, com a utilização das fórmulas para identificar o Fator de Danos (FD) que relaciona a área afetada por anomalias com a área total da fachada[7], permitindo o cálculo do percentual de danos para cada fachada ou imóvel conforme as Equações 1 e 2.

$$FD = \sum ADn/A \quad (1)$$

$$FD(\%) = FD \times 100 \quad (2)$$

Onde: FD é o Fator de Danos, ADn representa a área degradada por determinada anomalia (m²), n é o tipo de anomalia encontrada, A é a área total da fachada ou do imóvel (m²).

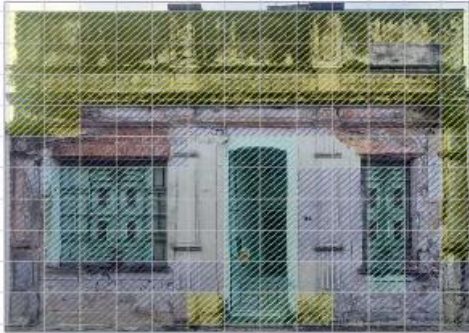
Para uma avaliação mais detalhada, introduziu-se o Fator Geral de Danos (FGD), que pondera os danos com base na sua gravidade e importância. A equação (Eq. 3) para o cálculo do FGD é a seguinte:

$$FGD = \frac{\sum (AD(n) \times G(n) \times RI(n))}{A \cdot \sum G_{\text{máx}}} \quad (3)$$

Onde: FGD é o Fator Geral de Danos; AD(n) é a área da fachada afetada por n tipos de anomalias (m²); G(n) é o coeficiente denominado nível de condição das anomalias, o qual varia de 1 a 4; G_{máx} é a constante equivalente ao nível de pior condição (no exemplo, são 5 tipos de anomalias, e todas com grau máximo de valor 4 - máx = 20 = 4 + 4 + 4 + 4 + 4); RI(n) é o coeficiente denominado importância relativa das anomalias observadas; A é a área da fachada (m²); n é a referência do tipo de anomalia: (n=1 Mofo/bolor, n=2 Destacamento tinta/revestimento, n=3 Fissuras, n=4 Vegetação, n=5 Esquadrias)[9]. O método é bastante eficiente e serve como base para outras análises. Por exemplo, é possível comparar o FGD encontrado com outros fatores de degradação, como incidência solar, umidade, idade, maresia. Neste estudo de caso, apenas as anomalias encontradas na vistoria foram relacionadas e aplicadas ao MMD.

A Figura 10 representa como foi feito o estudo, a aplicação das fórmulas, a cada fachada analisada, com as definições de quais anomalias apresentam um maior dano, tanto em área, como em importância.

Figura 10: Ficha de Danos e FGD

UIP 10									
Rua Doutor Leocádio, 401							Área(m2):	35,00	
									
DANOS:									
M1	Manchas de fungos/ bolor/crosta negra					M4	Vegetação		
M2	Destacamento revestimento/pintura					M5	Danos/ausência de esquadrias		
M3	Fissura								
TIPO	AD(n)	FD(n)	ÁREA(Total)	G(n)	Ri(n)	G(máx)	$\Sigma[AD(n)*G(n)*RI(n)]$	A* $\Sigma G_{máx}$	FGD
M1	13,00	37%	35,00	3	1,75	20	68,250000	700,00	0,21
M2	13,25	38%		2	2,25		59,625000		
M3	0,01	0%		1	4,25		0,042500		
M4	1,25	4%		2	3,25		8,125000		
M5	6,25	18%		3	0,75		14,062500		
Fachada	35,00	96%							

4. Resultados e discussão

A vistoria e análise das fachadas envolve e aguça os sentidos do Engenheiro Diagnóstico. Ao lançar mão de um método estatístico é possível ter um caminho mais definido a ser seguido, tornando mais técnico e objetivo o trabalho de quantificar as anomalias das fachadas. O MMD é aplicável à diversos tipos de fachadas, sendo possível a sua adequação conforme a necessidade. Este estudo inicial, focado na análise de fachadas selecionadas dentre as Unidades de Interesse de Preservação em Paranaguá, descreveu os principais tipos de anomalias que afetam essas edificações. Identificou-se que o destacamento de pintura e revestimento, juntamente à presença de bolor/mofo, são as anomalias mais prevalentes, influenciadas significativamente pelo clima úmido característico da região litorânea e pela ausência de manutenção das edificações.

Durante a pesquisa, para entender o MMD, foi necessária uma consulta em artigos e teses de mestrado, relativos ao tema, sem encontrar, no entanto, uma explicação completa. Somente após a análise comparativa dos textos, foi possível compreender a sua aplicação e, adaptando os componentes da fórmula, ao objeto da pesquisa, chegar a um resultado satisfatório. Considerando sua simplicidade e amplitude de aplicação, espera-se que o método seja difundido e utilizado em outros trabalhos voltados à análise de fachadas.

5. Conclusão

Este trabalho representa uma contribuição para a compreensão dos danos nas fachadas e o planejamento de ações de conservação. A aplicação do Método de Mensuração de Degradação (MMD), auxilia e complementa o entendimento da degradação de imóveis históricos. No entanto, destaca-se a necessidade de ampliar o escopo da pesquisa, incorporando maior número de edificações e variáveis ambientais, a fim traçar um panorama abrangente do estado de conservação dessas fachadas, contribuindo para estratégias mais efetivas de preservação e manutenção do patrimônio histórico de Paranaguá.

6. Agradecimentos

Agradeço especialmente aos mestres, Bia Menezes, Wanessa Serra e Marcus Grossi, pela dedicação e inspiração para aqueles que estão no caminho do entendimento da Engenharia Diagnóstica.

Por fim, agradeço à minha família, minha base, meu refúgio, que consegue entender a minha paixão pela engenharia.

Referências

[1] GOMIDE, Títo Lívio Ferreira, FLORA, Stella Marys Della, GULLO, Marco Antônio, NETO, Jerônimo Cabral Pereira Fagundes. **Manual de Engenharia Diagnóstica –**

Desempenho, manifestações patológicas e perícias na Construção Civil. 2ª Edição, Editora LEUD, São Paulo, 2021

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15.575 – Edificações Habitacionais – Parte 4.** Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

[3] GROSSI, Marcus V. F. **Inspeção e Recebimento de Obras – Edificações Habitacionais.** 1ª Edição. Editora LEUD, São Paulo, 2021.

[4] BAUER, Elton.; SOUZA, Jéssica. S.; MOTA, Larissa M. G. **Degradação de fachadas revestidas em argamassas nos edifícios de Brasília, Brasil.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 21, n. 4, p. 23-43, out./dez. 2021. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

[5] BARRETA, Pedro Alberto, REIS, Marcio Menezes, BORNIA, Antônio Cezar. **Estatística para Cursos de Engenharia e Informática.** 3ª Edição, São Paulo, Editora Atlas, 2010.

[6] TINOCO, J. E. L. **Mapa de Danos: Recomendações Básicas.** v. 49. Olinda: Centro de Estudos Avançados da Conservação Integral.

[7] LOPES, Melissa L.F., SILVA, Maykon V., BAUER, Elton. **Mapas de danos de fachadas: uma revisão de literatura.** Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management. REHABEND, 2022, Granada, Espanha.

[8] RODRIGUES NETO, Eduardo, BAUER, Elton. **Buildings investigation of degradation variability in Brasília – Brasil City.** Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management. REHABEND, 2022, Granada, Espanha.

[9] SILVA, Maykon V., BAUER, Elton, LOPES, Melissa L.F., ROMEIRO, Thália R.L.M., SOUZA, Ana Luíza R. **Estudo da distribuição da degradação de fachadas nos diferentes andares dos edifícios.** SBTA, 2023, João Pessoa, PB.